

(19) **DANMARK**



(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT**



(11) **150760**

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(21) Patentansøgning nr.: 6000/74

(51) Int.Cl.⁴ **G 01 F 23/28**

(22) Indleveringsdag: 19 nov 1974

G 01 S 13/343

(41) Alm. tilgængelig: 21 maj 1975

(44) Fremlagt: 15 jun 1987

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 20 nov 1973 SE 73/15649

(71) Ansøger: *SAAB-SCANIA AB; S-581 88 Linköping; Sverige,

(72) Opfinder: Kurt Olav *Edvardsson;

(74) Fuldmægtig: Patentagentfirmaet Magnus Jensens Eftf.

(54) **Fremgangsmåde og apparat til beregning af en væskeoverflades niveau**

Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til beregning af en væskeoverflades niveau under anvendelse af et mikrobølgesignal, som angivet i krav 1's indledning, samt et apparat til udøvelse af fremgangsmåden og af den i krav 8's indledning angivne art.

Mikrobølger er på grund af en meget konstant udbredelseshastighed hensigtsmæssige at anvende ved nøjagtig måling af væskenniveauer, jf. eksempelvis beskrivelsen til britisk patent nr. 1.100.119. En måleudrustning, som arbejder med mikrobølger, er desuden forholdsvis ufølsom for snavs, og målingen er berøringsfri, hvilket er fordelagtigt ved mange anvendelser, især ved niveaumåling på væsker, som afgiver letantændelige dampe.

Ved niveaumåling med mikrobølger er der imidlertid mange faktorer, som indvirker væsentligt på målenøjagtigheden. Det er således vanskeligt at bestemme den frembragte differensfrekvens nøjagtigt, at udskille forstyrrende reflekser fra eksempelvis støttebjælker eller bund i en tank samt ulinearitet eller anden ufuldstændighed ved mikrobølgekilden.

Til forøgelse af målenøjagtigheden er det foreslået, eksempelvis i tysk fremlæggelsesskrift nr. 1.935.012, at benytte en referenceforsinkelse, til hvilken niveaumålingen relateres.

Formålet med opfindelsen er at anvise en fremgangsmåde af den omhandlede art, som giver god målenøjagtighed, uden at der stilles store krav til mikrobølgekildens linearitet, og som samtidig inden for vide grænser er ufølsom for forstyrrende reflekser.

Dette opnås ifølge opfindelsen ved den i krav 1 anviste fremgangsmåde.

Differensfrekvensen kan udtrykkes ved

$$f_m = \frac{df(t)}{dt} \cdot \frac{2r}{c}$$

hvor $f(t)$ er mikrobølgefrekvensen, r afstanden til overfladen og c lyshastigheden.

Hvis $\frac{df}{dt}(t)$ var konstant i hele frekvensvariationsperioden, ville differensfrekvensen fm være proportional med afstanden r. Dette er imidlertid ikke tilfældet, da kvotienten bl.a. varierer med temperatur og ældning i udstyret. Det er med komplicerede foranstaltninger muligt af nedbringe variationen i $\frac{df}{dt}(t)$ til størrelsesordenen $\pm 1\%$. Ved den anviste fremgangsmåde kan opnås målenøjagtigheder, der er bedre end $\pm 0,1\%$, uden at der stilles ekstremt store krav til nøjagtigheden af $\frac{df}{dt}(t)$.

Ved den samtidige måling på referenceledningen, og ved at signalerne fra denne anvendes som tidsmarkering, bliver man principielt uafhængig af såvel størrelse som variation af $\frac{df}{dt}(t)$. Fremgangsmåden indebærer, at frekvensen for overfladesignal og referenceledningssignal sammenlignes stykke for stykke under frekvensvariationsperioden, og variationshastigheden $\frac{df}{dt}(t)$ kan variere en hel del, uden at beregningerne forstyrres. Ved en målenøjagtighed på $0,05\%$ er det tilstrækkeligt med $\pm$ nogle procent nøjagtighed hos $\frac{df}{dt}(t)$. Man bliver altså ikke uafhængig, men væsentlig mindre afhængig af lineariteten.

Forsinkelsesledningens længde bør af hensyn til målenøjagtigheden og støjfølsomheden være så stor som muligt. Ved den i krav 4 anviste fremgangsmåde opnås en tilsyneladende forøgelse af den kendte længde.

Det er sædvanligt at undertrykke ikke ønskede signalkomponenter ved hjælp af et snævert båndpasfilter. På grund af ufuldkommenheder i mikrobølgekilden, som påvirker referencefrekvensen, kan man ikke filtrere så snævert som ønskeligt. Ved den i krav 5 anviste fremgangsmåde opnår man, at båndpasfilteret så at sige følger disse ufuldkommenheder, således at gennemgangsområdet kan være meget lille, uden at brugbar information går tabt.

Opfindelsen angår som nævnt også et apparat til udøvelse af fremgangsmåden og af den i krav 8's indledning angivne art.

Et sådant apparat kan ifølge opfindelsen udformes som anvist i krav 8's kendetegnende del.

Opfindelsen skal i det følgende forklares nærmere i forbindelse med tegningen, hvor

fig. 1 viser et blokdiagram for et apparat ifølge opfindelsen,

- fig. 2 et blokdiagram for et i apparatet indgående beregningsorgan,
fig. 3 grafiske repræsentationer af signaler forskellige steder i apparatet,
fig. 4 i perspektiv og skematisk et antal niveaumålere monteret i et tankskib, og
fig. 5 mere detaljeret og delvis gennemskåret en af de i fig. 4 viste niveaumålere.

I fig. 1 er vist en detektor 1, som er tilsluttet en signalbehandlingsenhed 2 via tre terminaler 3, 4 og 5.

Detektoren 1 består af en mikrobølgegenerator 6, eksempelvis en varaktorafstemt Gunn-diode, hvis udgang 7 via et blandingstrin 8 er forbundet til en mod den overflade 9, hvis niveau skal måles, rettet antenne 10. Blandingstrinnet 8 er desuden via en forstærker 11 forbundet med signalbehandlingsenhedens terminal 4. Mikrobølgegeneratoren 6 er forbundet til signalbehandlingsenhedens terminal 5 og fødes derved med start-impulser, der hver udløser en variation af frekvensen a, som varierer i hovedsagen lineært med tiden som vist i fig. 3. Blandingstrinnet 8 har en kontrolleret lækage, så at en del af mikrobølgesignalet fra generatoren 6 via antennen 10 sendes ud mod overfladen 9. En del af den mod overfladen 9 indfaldende mikrobølgestråling reflekteres mod antennen 10, opfanges af denne og når atter blandingstrinnet 8. Også forløbet af det således reflekterede mikrobølgesignal b er vist i fig. 3. Det fremgår af fig. 3, at de to signaler a og b har samme frekvensværdi til forskellige tidspunkter. Tidsforskellen svarer til gangtiden for mikrobølgen fra blandingstrinnet 8 til overfladen 9 og tilbage igen. Sagt på anden måde hersker i et givet øjeblik en differensfrekvens mellem signalerne a og b i overensstemmelse med den nævnte strækning. Blandingstrinnet 8 har til opgave ved blanding af signalerne a og b at danne en sådan differensfrekvens c, der ligeledes er vist i fig. 3. De uregelmæssigheder ved signalet c, der kan iagttages, har deres oprindelse i forstyrrende ekkoer fra genstande over eller under væskeoverfladen 9 og fra ulineariteter hos mikrobølgegeneratoren 6. Fig. 4

viser sådanne genstande, her afstivende bjælker 12, der giver anledning til ekkoer, der kan forveksles med væskeoverfladen 9.

Til på i og for sig kendt måde at eliminere virkningen af sådanne fejlkilder er der til generatorens 6 udgang 7 sluttet et blandingstrin 13, som, på analog måde som det tidligere nævnte blandingstrin 8, er forbundet til dels en forsinkelsesledning 14, dels via en forstærker 15 med signalbehandlingsenhedens 2 terminal 3. Også fra blandingstrinnet 13 opnås en differensfrekvens d med konstant af forsinkelsesledningen 14 bestemt frekvens. Også dette signal d er vist i fig. 3.

Signalet d benyttes som referencesignal.

Detektorens 1 udgangssignaler c og d indeholder altså i hovedsagen to frekvenser, og forholdet mellem dem giver det søgte væskenniveau. Signalet d er et forholdsvis rent sinussignal med næsten konstant frekvens. Signalet c indeholder derimod som nævnt flere frekvenser, af hvilke kun én hidrører fra refleksioner fra den væskeoverflade, hvis niveau skal måles. Det er signalbehandlingsenhedens 2 opgave at relatere differensfrekvenssignalet c til referencefrekvenssignalet d, så at beregningen af væskeoverfladens 9 niveau baseres på forsinkelsesledningens 14 længde.

Terminalen 3, hvorpå signalet d indkommer til signalbehandlingsenheden 2, er via en frekvensmultiplikator 16 og en impulsformer 17 forbundet til et beregningsorgan 18. På tilsvarende måde er terminalen 4, hvorpå signalet c indkommer, forbundet til beregningsorganet 18 via et styrbart filter 19 og en impulsformer 20. Beregningsorganet 18 er forbundet med et indikeringsorgan 22 via et lager 21, og med en styreenhed 23. Indikeringsorganet 22 og styreenheden 23 er forbundet med et organ 24 for manuel styring af måleforløbet og for indførelse af konstanter i beregningen. Styreenheden 23 og udgangen af lageret 21 er koblet til filteret 19, som på indgangen og udgangen er forbundet til et amplitudesammenlignende kredsløb 25, hvis udgang er forbundet til styreenheden 23. Styreenheden er desuden forbundet via terminalen 5 med mikrobølgegeneratoren 6.

Frekvensmultiplikatoren 16 har til opgave af signalet d at danne et signal e (fig. 2) med konstant amplitude og med en frekvens, som er et multiplum af signalets d frekvens. Dette er ækvivalent med en forøgelse af forsinkelsesledningens 14 længde. Skulle denne ledningslængde øges reelt, ville man få øget dæmpning med påfølgende måleproblem, samtidig med at ledningen 14 vil blive mere pladskrævende og dyr. Impulsformerer 17 er indrettet til at frembringe et impulstog f med en impuls pr. halvperiode hos signalet e .

Signalet c filtreres efter at have passeret forstærkeren 11 i filteret 19, som er et smalt, styrbart båndpasfilter. Filteret er således indrettet, at dets centerfrekvens af signalet e bringes til at være proportionalt med referencefrekvenssignalets d momentane frekvens og med en via styreenheden 23 fra styreorganet 24 kommende værdi. Herved kan mikrobølgegeneratorens 6 variationshastighed tillades at variere noget, eftersom jo filterets centerfrekvens bringes til at følge ændringer i variationshastigheden. Filterets 19 udgangssignal g er et rent sinussignal, hvis frekvens er et mål for det søgte væskenniveau. Fra impulsformerer 20 opnås af signalet et impulssignal h , som indeholder en impuls for hver halvperiode hos signalet g .

Den fortsatte signalbehandling går ud på at danne forholdet mellem de to impulssignaler f og h , hvorved ikke impulsernes tidsplacering, men deres indbyrdes størrelsesforhold er af betydning. Ved kvotientdannelsen anvendes en vægtfaktor i , hvis forløb under en frekvensvariation er vist i fig. 3. Denne vægtfaktor kan have formen $n/(N-n)$, hvor N er antallet af indbyrdes i hovedsagen lige store delintervaller under frekvensvariationen, og n er delintervallets ordensnummer, som er 1 for første og N for sidste delinterval. Denne vægtfaktor kan vises at indebære, at forholdet mellem frekvenserne i signalerne f og h bestemmes i mindste kvadratmetode og giver en nøjagtig beregning allerede efter én frekvensvariation. En vægtfaktor lig med en konstant vil medføre konventionel impulstælling, som for stor nøjagtighed kræver impulstælling over et stort antal frekvensvariationer, men som alligevel er forholdsvis følsom for

støjekkoer.

Beregningen af vægtfaktoren og kvotientdannelsen sker i beregningsorganet 18, hvis opbygning kan være som vist i fig. 2. I denne figur er 26 et til impulsformerer 20 forbundet organ til beregning af vægtfaktoren i af signalet h. Den beregnede vægtfaktor i lagres i et register 27, som styrer indføringen af signalerne f og h til to multiplikatorer 28,29, som hver for sig via adderende registre 30,31 er forbundet til en kvotientdanner 32. Indføringen af vægtfaktoren sker på følgende måde: Længden af ovennævnte interval vælges lig med afstanden mellem impulserne i signalet h. For hver impuls i signalet h tælles et til vægtfaktorens aktuelle værdi svarende antal impulser ind i registeret 30. For hver impuls i signalet f tælles i løbet af samme interval samme antal impulser ind i registeret 31. Efter den N-te reference-signalimpuls beregnes kvotienten k mellem værdierne l og m i de to registre 30 og 31. Denne kvotient h er et mål for det søgte væskenniveau. Da niveauet måles mellem blandings-trinnet 8 og overfladen 9, er det hensigtsmæssigt, at der ved hjælp af styreorganet 24 indføres en konstant, ved hjælp af hvilken væskenniveaumålingen henføres til et passende ydre punkt.

Resultatet af målingen lagres i lagreret 21 og udlæses ved hjælp af indikeringsorganet 22. Det lagrede måleresultat kan også registreres ved hjælp af en skriver.

Som det fremgår af det foranstående, har differensfrekvenssignalets c amplitude ringe indvirkning på den fortsatte signalbehandling, men bliver amplituden på grund af ydre forhold så lille, at den kan forveksles med signalamplituder hidrørende fra forstyrrende ekkoer, er der risiko for forveksling. Det kan derfor ved visse anvendelser, eksempelvis ved niveaumåling på tankskibe, være nødvendigt med en amplitudekontrol, fordi amplituden påvirkes af bølger på væskeoverfladen. Det amplitudesammenlignende kredsløb 25 har til opgave at foretage en sådan kontrol ved at sammenligne signalet g - som indeholder den til væskeoverfladen 9 svarende differensfrekvens - med et tilsvarende frekvenssignal fra et fast ekko i eller uden for antennen, hvilket fil-

treres ud af signalet c. Det sammenlignende kredsløb 25 er indrettet til at danne et logisk signal, som angiver, om det signal, der svarer til det niveau, som skal beregnes, har større eller mindre amplitude end signalet svarende til det faste ekko. Denne sammenligning gør også niveaumålingen uafhængig af variationer i mikrobølgegeneratorens 6 udgangseffekt. Er signalets c amplitude utilstrækkelig, stoppes målingen via styreenheden 23, der påtrykkes det sammenlignende kredsløbs 25 udgangssignal.

Fig. 5 viser en udførelsesform for en detektor 1, der i fig. 4 er vist i forbindelse med et tankskibs lagertanke. I et rørformet hus 33 er antennen 10 placeret således, at den er rettet mod væskeoverfladen 9. Huset 33 indeholder også et mikrobølgehorn 34, der via en bølgeleder 35 er forbundet med blandingstrinnet og mikrobølgegeneratoren, der sammen med detektorenhedens øvrige, tidligere omtalte komponenter 36 er anbragt i et på huset 33 anbragt og i forhold til dette mindre, rørformet hus 37. Antennen 10, hornet 34, bølgelederen 35 og komponenterne 36 er let tilgængelige for inspektion og eventuel reparation og udskiftning via låger 38,39 på husene 33,37.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåde til beregning af en væskeoverflades niveau under anvendelse af et mikrobølgesignal, hvis frekvens varierer med tiden, hvilket signal rettes mod overfladen, hvorfra en del reflekteres, og efter en tid svarende til afstanden mellem et referencepunkt og overfladen, modtages og blandes med det signal, der da udsendes, således at der opnås en til afstanden svarende differensfrekvens, og hvilket signal endvidere sendes gennem en forsinkelsesledning, fra hvis endepunkt det reflekteres, således at det kan modtages med en til en kendt strækning svarende forsinkelse, som på analog måde omsættes til en til strækningen svarende referencefrekvens, og at differensfrekvensen relateres til referencefrekvensen, så at beregningen af afstanden baseres på den kendte strækning, k e n d e t e g n e t ved, at differensfrekvensen (c) og referencefrekvensen (d) multipliceres med en i delintervaller af frekvensvariationstiden konstant, men under frekvensvariationstiden foranderlig faktor (i), at produkterne af faktoren (i) og de to frekvenser (c,d) summeres hver for sig, og at der ved frekvensvariationsperiodens ophør dannes kvotienten (k) mellem de således frembragte summer (l,m), hvilken kvotient er et mål for den søgte afstand.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at faktoren (i) for det N-te delinterval af i alt N i hovedsagen lige store delintervaller er $n(N-n)$.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at hvert delinterval er lig med en halvperiode af differensfrekvensen (c).

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at referencefrekvensen (d) multipliceres med en således valgt konstant, at den frekvens (e), som herved opnås, er større end differensfrekvensen (c).

5. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at differensfrekvensen (c) filtreres ved hjælp af et båndpasfilter (19), hvis centerfrekvens styres således, at den er proportional med referencefrekvensen (d).

6. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det reflekterede mikrobølgesignals (b) amplitude sammenlignes med amplituden hos et kendt ekkosignal, og at sådanne signaler sorteres bort, hvis amplitude er beliggende uden for et forudbestemt interval om det kendte ekkosignals amplitude.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det differensfrekvente signal (c) omsættes til et impulstog (f) med en impuls for hver halvperiode i differensfrekvensen, at impulserne for en frekvensvariationsperiode tilføres et skifteregister med en af referencefrekvensen styret hastighed, og at de således lagrede impulser udlæses med jævn hastighed svarende til en linearisering af frekvensvariationen.

8. Apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge krav 1 og omfattende en mikrobølgegenerator (6) til dannelse af et mikrobølgesignal (a), hvis frekvens varieres, en til generatoren forbundet, mod væskeoverfladen (9) rettet antenne (10) til udsendelse af mikrobølgesignalet (a) og til modtagelse af det fra overfladen reflekterede signal (b), et til generatoren (6) og antennen (10) forbundet første blandingstrin (8), som er indrettet til ved blanding af det reflekterede signal og det udsendte at frembringe den til afstanden svarende differensfrekvens (c), en til generatoren (6) forbundet forsinkelsesledning (14) med til den kendte strækning svarende forsinkelse, et til generatoren (6) og ledningen (14) forbundet andet blandingstrin (13), som er indrettet til ved blanding af det forsinkede signal og det udsendte at frembringe den til strækningen svarende referencefrekvens (d), samt et beregningsorgan (18), som er indrettet til med differensfrekvensen (c) relateret til referencefrekvensen (d) at beregne den søgte afstand, k e n d e t e g n e t ved, at beregningsorganet (18) omfatter multiplicerende organer (28,29), som er indrettet til at multiplicere differens- og referencefrekvenserne med en under hver halvperiode hos differensfrekvensen konstant, men under frekvensvariationsperioden foranderlige faktor (i), to med de multiplicerende organer (28,29) forbundne adderende registre (30,31), som

er indrettet til under frekvensvariationsperioden at addere produkterne af faktoren (i) og den respektive frekvens (c,d), samt en til registrene forbundet kvotientdanner (32), som har til opgave ved frekvensvariationsperiodens ophør at danne kvotienten (k) mellem sumværdierne (l,m) i registrene.

Fremdragne publikationer:

FIG 1

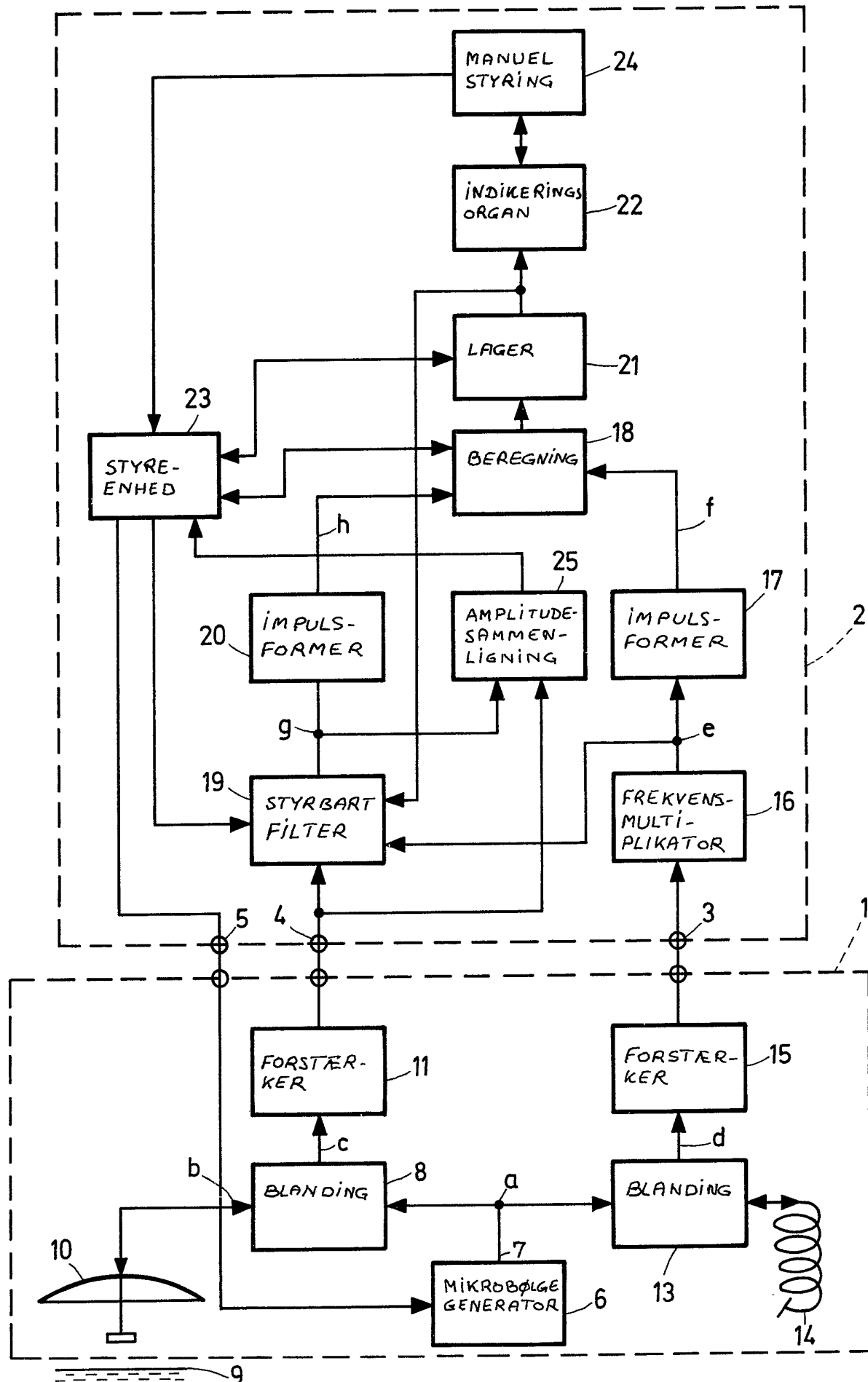


FIG. 2

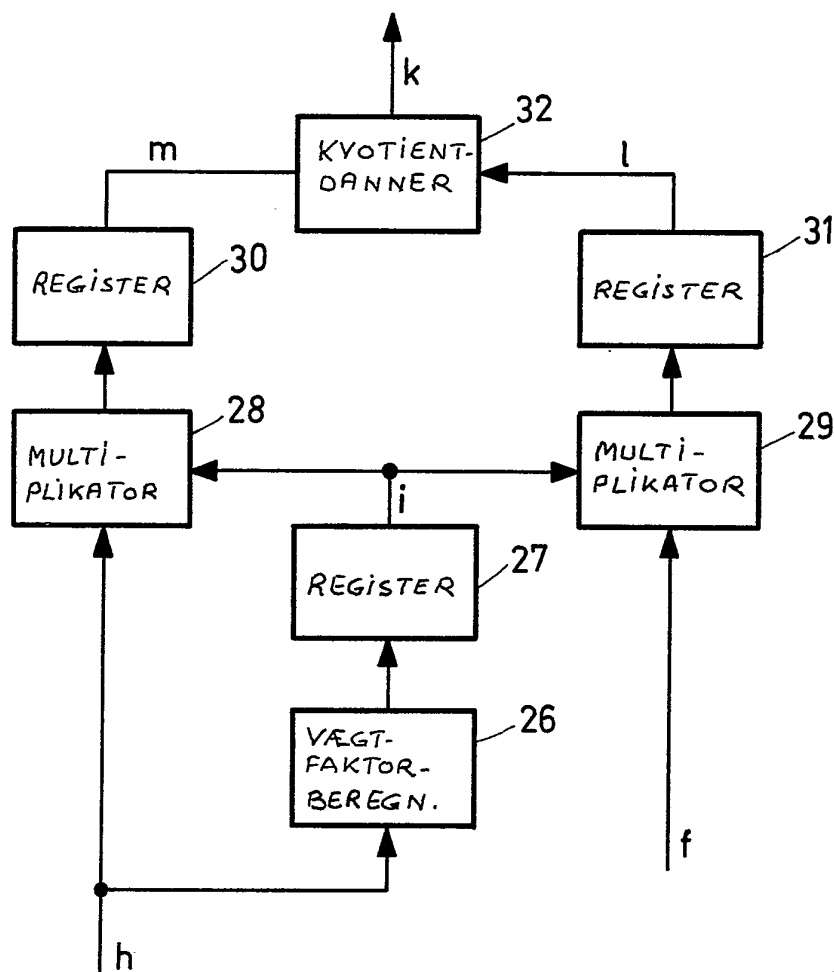


FIG. 4

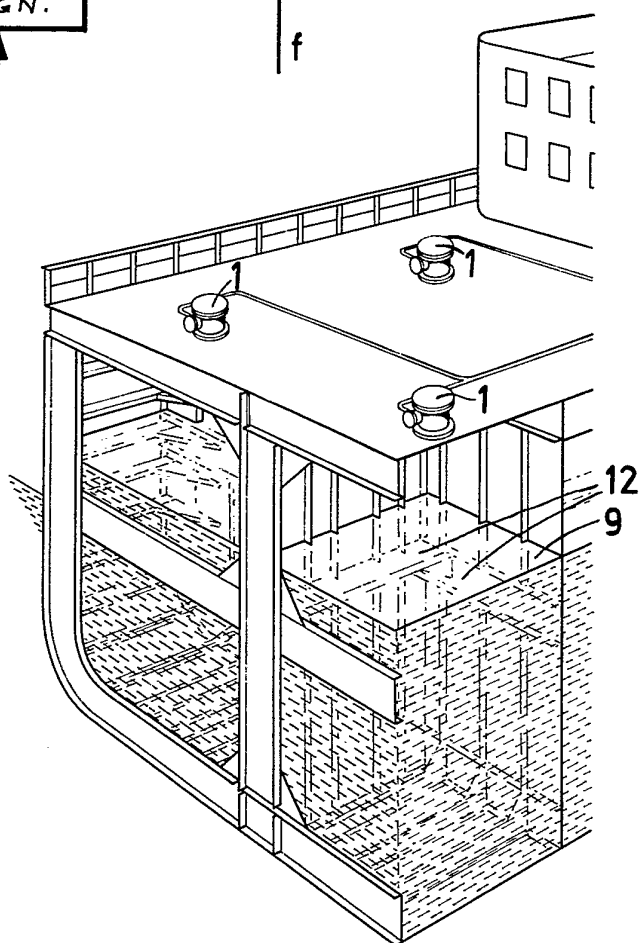


FIG 3

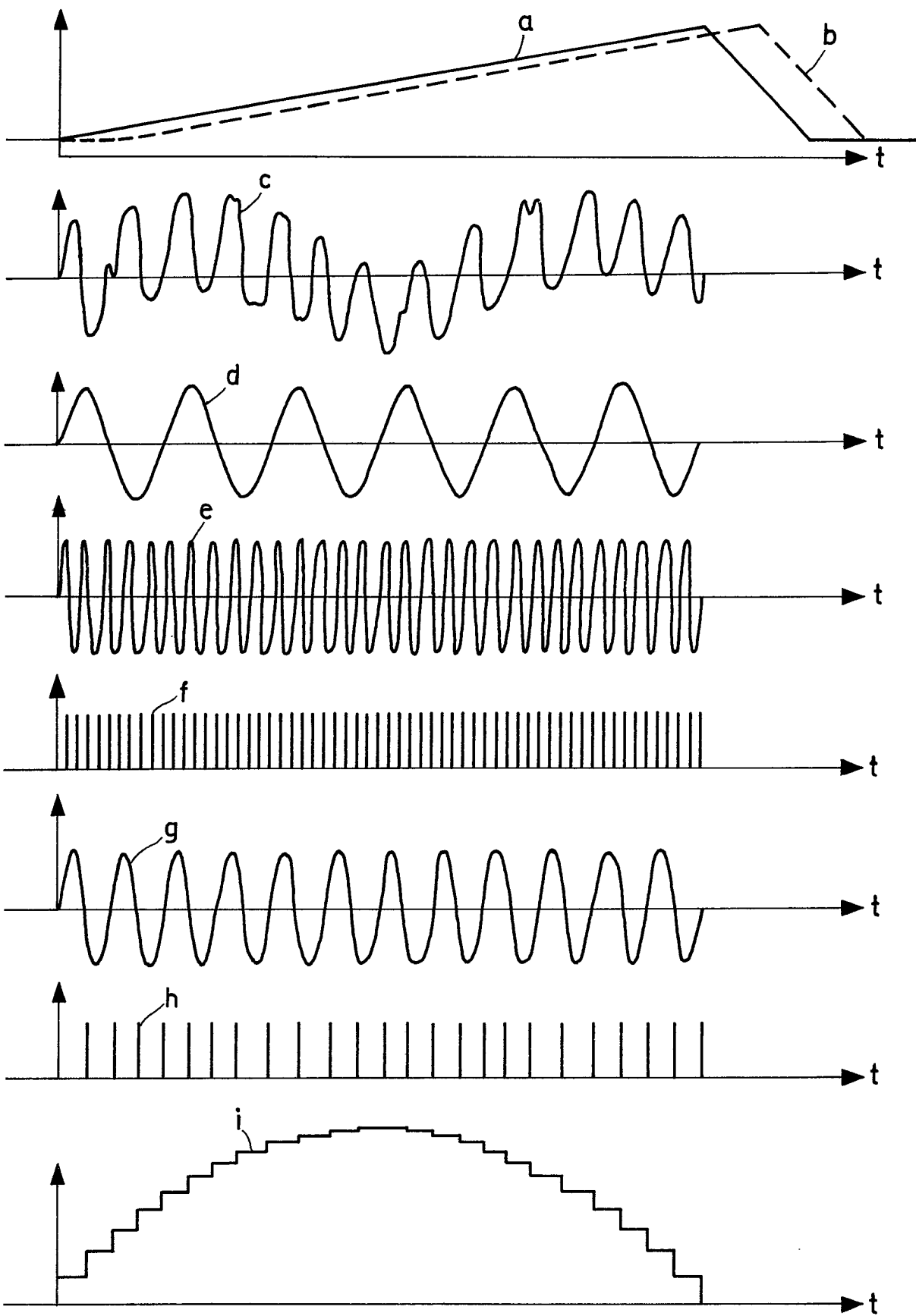


FIG 5

